

③

Int. Cl. 2:

G 02 B 5-17

⑱ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

11

DT 2509112 A1

Ry 45 3883 223

⑪

Offenlegungsschrift 25 09 112

⑫

Aktenzeichen:

P 25 09 1127

⑬

Anmeldetag:

3. 3. 75

⑭

Offenlegungstag:

16. 10. 75

⑳

Unionspriorität:

③② ③③ ③①

8. 4. 74 USA 458786

⑤④

Bezeichnung:

Optische Kupplung

⑦①

Anmelder:

Corning Glass Works, Corning, N.Y. (V.St.A.)

⑦④

Vertreter:

Herzfeld, A. R., Rechtsanwalt, 6000 Frankfurt

⑦②

Erfinder:

Hudson, Marshall Clyde, Corning, N.Y. (V.St.A.)

DT 2509112 A1

Anmelderin: Corning Glass Works
Corning, N.Y. U S A

Optische Kupplung

Die Erfindung betrifft eine optische Kupplung für eine Vielzahl optischer Übertragungsleitungen, z.B. Wellenleiterbündel.

Für die Nachrichten- und Datenübertragung sind wegen der zunehmenden und bereits absehbaren Überlastung der üblichen Bereiche und auch der Frequenzbänder von 10^9 - 10^{12} Hertz optische Wellenleiter im Frequenzbereich von 10^{15} Hertz von Interesse. Die elektrischen Wellenleiter (10^9 - 10^{12} Hertz) sind hierfür ungeeignet. Die Übertragung erfolgt durch Bündel optischer Fasern mit einem Kern und einem durchsichtigen Mantel, dessen Brechungsindex kleiner als der des Kerns ist.

In einem optischen Nachrichtensystem können die Außenstationen an die Zentralstation durch einzelne Verbindungsleitungen angeschlossen werden, was aber sehr aufwendig ist. Rationeller ist die Verbindung mit einer Sammelschleife, jedoch entstehen für die zahlreichen erforderlichen Kuppler große Verluste.

In dem Nachrichten- oder Datenübertragungssystem der Anmeldung P 24 28 570 werden die einzelnen Stationen deswegen über eine gemeinsame Passivkupplung angeschlossen. Diese empfängt ein optisches Signal von jeder Station und überträgt einen Signaltteil auf die Leitung jeder der übrigen Stationen.

Eine Hauptschwierigkeit besteht in der mangelnden Gleichmäßigkeit der Kupplung der Signale in jeder einzelnen der verschiedenen Leitungen mit allen der jeweils übrigen Leitungen und den entstehenden Signalverlusten.

Die Erfindung hat sich die Behebung dieser Schwierigkeit zur Aufgabe gestellt. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Endstücke der optischen Übertragungsleitungen von einem Träger als ein paralleles Bündel mit der größten Querschnittsabmessung D gehalten werden und mit ihrer in einer Ebene liegenden Enden eine Bündelendfläche bilden, konkave, lichtreflektierende Mittel im Abstand und in einer die Übertragung von jeder der Übertragungsleitungen in jeweils alle übrigen Übertragungsleitungen bewirkenden Lage zu dieser Endfläche symmetrisch um eine durch die

Mitte des Bündels führende Achse angeordnet sind und eine licht-reflektierende Fläche enthalten, deren Querschnittsform durch die Gleichung bestimmt wird

$$Y = (4px)^{1/2}(1-kx)^{1/2}$$

worin k durch die Formel

$$-\frac{1}{2p} \leq k \leq \frac{1}{2p}$$

gegeben ist, p durch die Gleichung

$$p = \frac{D}{2 \tan \theta}$$

gegeben ist, und der Einfangswinkel θ bis zu 12° beträgt.

An Hand der Zeichnungen sei die Erfindung näher erläutert.

Die Figur 1 zeigt im Längsschnitt eine günstige Ausbildung der erfindungsgemäßen optischen Kupplung.

Die Figur 2 zeigt eine weitere Ausbildung als Detail im Schnitt.

Die Figur 3 zeigt ein für die Berechnung der Abmessungen der erfindungsgemäßen optischen Kupplung geeignetes Diagramm.

Die Figur 4 zeigt als Schaubild vier beispielsweise geeignete Reflektorkrümmungen der optischen Kupplung nach der Erfindung.

Ein Träger 18 der optischen Kupplung hält die Übertragungsleitungen, z.B. 11 - 17 als ein parallel ausgerichtetes Bündel 19, dessen Endfläche 20 im wesentlichen senkrecht zu den Achsen der Endstücke der Übertragungsleitungen verläuft. Der Träger 18 kann aus einer Zwinge mit einer zylindrischen Öffnung bestehen. Die Öffnung kann zur Erleichterung der Einführung der Leitungen verjüngt auslaufen und hat einen geeigneten, z.B. kreisförmigen, hexagonalen oder ähnlichen Querschnitt. Nach Einführung der Leitungen in die Zwinge werden sie mit einem geeigneten Klebemittel wie Epoxyharz oder mit Klammern, Kröpfmitteln oder dergl. festgelegt. Die Leitungen können dabei zunächst über die Öffnung 21 und die Zwingenendfläche 22 hinausragen und werden dann beschnitten und zusammen mit der Endfläche abgeschliffen. Die Zwinge 18 besteht daher vorzugsweise aus einem Material mit ähnlichen Schleifeigenschaften wie die Leitungen, z.B. Glas, Messing und dergl. Die Endfläche verläuft dann vorzugsweise im wesentlichen senkrecht zur Längsachse der Öffnung 21.

Eine konkave lichtreflektierende Fläche 24 ist symmetrisch um die Längsachse des Leiterbündels 19 im Abstand zur Endfläche 20 angeordnet. Die Fläche besteht z.B. aus einer Schicht 26 aus reflektierendem Material auf einer gekrümmten Substratfläche 27,

die ihrerseits mit einem Tragbügel 28 im Abstand zur Endfläche gelagert ist. Nach der Ausbildung der Figur 2 besteht die lichtreflektierende Fläche aus einer Schicht aus reflektierendem Material 31 auf der gekrümmten Fläche eines Körpers 32 aus zwischen der Schicht 31 und der Endfläche 20 befindlichem durchsichtigem Material. Zwischen dem durchsichtigen Material 32 und der Endfläche 20 kann eine Flüssigkeit mit entsprechendem Brechungsindex vorgesehen sein.

Durch die Kupplung soll ein Teil der in allen der verschiedenen optischen Wellenleiter fortgepflanzten Signale mit jedem der jeweils übrigen Wellenleiter gekoppelt werden. Mit Hilfe des Diagramms der Figur 3 kann hierbei die Kupplungsabmessung errechnet werden. Der Abstand D ist der größte Querschnittsdurchmesser des Leiterbündels 19; er ist gleich dem Durchmesser eines kreisförmigen Leiterbündels oder dem Abstand zwischen zwei gegenüberliegenden Scheiteln eines hexagonalen Bündels. Die Punkte a und c sind gegenüberliegende Peripheriepunkte auf der Endfläche 20, und der Punkt b ist der Mittelpunkt der Strecke ac. Die gestrichelte Linie 50 bezeichnet die Achse der reflektierenden Fläche 24 und des Leiterbündels 19. Der Winkel Theta (θ) ist der meridionale Einfangswinkel der optischen Wellenleiter in dem zwischen der konkaven reflektierenden Fläche 24 und der Endfläche 20 liegenden Medium. Die Abmessungen und die Krümmung der reflektierenden Fläche 24 und der Abstand zwischen dieser und der Endfläche 20 muß derart sein, daß das von jedem beliebigen Wellenleiter

ausgehende Licht alle übrigen Wellenleiter bestrahlt. Diese Bedingung ist dann erfüllt, wenn das von einem am Punkt a endenden Wellenleiter ausgestrahlte Licht von der Fläche 24 zurück zu den an den Punkten a und c liegenden Wellenleitern reflektiert wird, und das von einem am Punkt b liegenden Wellenleiter ausgestrahlte Licht von der Fläche 24 zurück zu den Wellenleitern an den Punkten a und c reflektiert wird. Die für die erfindungsgemäßen optischen Kupplungen geeigneten Reflektorflächen liegen mit ihren Querschnitten in einer durch die Reflektorachse gehenden, durch die Gleichung definierten Ebene:

$$Y = (4px)^{1/2}(1-kx)^{1/2}$$

worin k gegeben ist durch

$$-\frac{1}{2p} \leq k \leq \frac{1}{2p}$$

und p der Abstand zwischen den Punkten b und e, dem Schnittpunkt der Achse 50 mit der Reflektorfläche 24 ist. Dieser Abstand wird durch die Gleichung bestimmt $p = D/(2 \tan \vartheta)$. Der Abstand zwischen der Bündelendfläche und dem Reflektor kann ohne Schaden auch etwas vom Wert p abweichen. Der Einfangswinkel ϑ wird bekanntlich durch die Gleichung definiert

$$\theta = \sin^{-1} \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0}$$

worin n_1 und n_2 der Brechungsindex von Kern und Mantel und n_0 der Brechungsindex des umgebenden Mediums 53 ist.

Die Gleichung (1) definiert eine Gruppe konischer Querschnitte wie sie z.T. für lichtreflektierende Flächen üblich sind. Einige der gebräuchlicheren Querschnitte können durch Einsetzen des entsprechenden Wertes k in der Gleichung bestimmt werden. Ist k z.B. Null, so lautet die vereinfachte Gleichung (1) $y = (4px)^{1/2}$, das ist eine paraboloidale Fläche mit dem Brennpunkt p . Ist $k = 1/4 p$ so lautet die Gleichung $y = (4px - x^2)^{1/2}$, das ist ein sphärischer Reflektor mit dem Mittelpunkt $2p$. Für den positiven Grenzfall $k = \frac{1}{2p}$ wird die Gleichung (1) definiert:

$$\frac{(x - 2p)^2}{(2p)^2} + \frac{y^2}{(2/2 p)^2} = 1$$

Das ist der Querschnitt eines ellipsoidförmigen Reflektors.

Für den negativen Grenzfall $k = -\frac{1}{2p}$ wird die Gleichung (1)

$$2(x + 2p)^2 - y^2 = 8p^2,$$

das ist ein hyperboloidförmiger Reflektor.

Die obigen vier Reflektorquerschnittsformen sind in dem Schaubild der Figur 4 abgetragen. Hier ist die Strecke p mit 1 und der

Winkel $\vartheta \leq 12^\circ$, z.Zt. der maximale Einfangswinkel für optische Wellenleiter mit geringen Verlusten. Selbst der peripher liegende Wellenleiter 66 schneidet die Kurven 67 - 70 an relativ nahe der Reflektorachse liegenden Punkten. An diesem Punkt hat x den Wert von etwa 0,05. Die Neigungsdifferenz der beiden äußersten Kurven 67 und 70 beträgt bei diesem Wert x nur 8 %. Für Werte $\vartheta \leq 12^\circ$ haben daher alle durch die Gleichung (1) definierten Kurven im wesentlichen die gleichen lichtreflektierenden Eigenschaften, denn sie sind in diesem Bereich alle einander nahezu überlagert.

Zwei Beispiele für sphärische und paraboloid Reflektoren seien an Hand der Figur 3 näher erläutert.

Um die oben erläuterten Bedingungen zu erfüllen, muß ein äußerster Lichtstrahl 55 von einem am Punkt a liegenden Wellenleiter zum Punkt a zurückkehren. Die Kupplung wird daher so ausgelegt, daß die Linie 55 auf einem Radius des in diesem Beispielfall sphärischen Reflektors 24 liegt. Ein weiterer äußerster Lichtstrahl 56 von dem am Punkt a liegenden Wellenleiter muß von der Fläche 24 zurück zum Punkt c reflektiert werden, entsprechend dem Strahlengang 57. Das ist der Fall, weil der Reflektor symmetrisch zur Achse 50 liegt und die Reflektorfläche am Punkt e senkrecht zur Achse 50 verläuft. Durch Anwendung geometrischer Regeln läßt sich bestimmen, daß der Abstand p zwischen den Punkten b und e gleich $D/2 \tan(\vartheta)$ ist. Bei einem sphärischen Reflektor ist das Dreieck a d e ein gleichseitiges und der Abstand d b gleich dem Abstand b e oder p . Da der Punkt d der Mittelpunkt der sphärischen

Reflektorfläche ist, ist der Radius R der Fläche gleich $2p$ oder $D/\tan \psi$. Da die äußersten Lichtstrahlen auf diametral gegenüberliegende, periphere Wellenleiter zurückreflektiert werden, wird ein Teil des vom Wellenleiter am Punkt a ausgestrahlten Lichts vom Reflektor 24 auf die entlang der Endfläche 20 zwischen den Punkten a und c liegenden Wellenleiter reflektiert. Ein von einem am Punkt b auf der Achse 50 liegenden Wellenleiter ausgesendeter äußerster Lichtstrahl muß zum Punkt c entlang den Strahlengängen 58 und 59 zurückreflektiert werden. Beträgt der Abstand D beispielsweise 50 und der Einfangswinkel ψ der Wellenleiter des Bündels 8° , so trifft der von der Fläche 24 reflektierte Strahl auf die Endfläche 20 an einem von c 0,2 mil entfernt liegenden Punkt. Ein von dem am Punkt b endenden Wellenleiter ausgesendeter äußerster Lichtstrahl beleuchtet daher einen am Punkt c endenden Wellenleiter.

Ist die lichtreflektierende Fläche parabolförmig, so soll die Endfläche 20 am Brennpunkt zentriert sein und der Abstand p zwischen den Punkten b und e soll $D/(2 \tan \psi)$ betragen. Für einen symmetrisch zur Achse 50 liegenden Parabolreflektor wird der Strahl 56 zum Punkt c reflektiert. Der von dem an Punkt a liegenden Wellenleiter ausgesendete Achsialstrahl 61 verläuft parallel zur Achse des Reflektors und wird daher zum Punkt b, dem Brennpunkt entlang Strahlengang 62 reflektiert. Da jedoch die Fläche 24 im Beispielfall parabolförmig ist, kehrt der Strahl 55 nicht genau zu seinem Ausgangspunkt zurück. Für ein

Wellenleiterbündel mit einem Durchmesser von z.B. 50 mil und Einfangswinkeln der einzelnen Wellenleiter von 8° kehrt der von der Fläche 24 reflektierte Strahl 55 in einer Entfernung von etwa $1/2$ mil zum Punkt a zurück.

Vom Gesichtspunkt der gleichförmigen Beleuchtung und der Herstellung sind sphärische Reflektoren offenbar etwas günstiger als parabolförmige Reflektorflächen. Grundsätzlich sind für die erfindungsgemäßen optischen Kupplungen aber alle lichtreflektierenden Flächen mit solchen Krümmungen anwendbar, daß das Licht von jedem beliebigen Wellenleiter des Bündels 19 reflektiert wird und die jeweils übrigen Wellenleiter beleuchtet.

Patentansprüche

- (1) Optische Kupplung zur weitgehend verlustfreien und gleichmäßigen Kopplung eines in jeder beliebigen einer Vielzahl optischer Übertragungsleitungen fortgepflanzten Signals bzw. Signalteils mit jeder der jeweils übrigen Übertragungsleitungen, dadurch gekennzeichnet, daß die Endstücke der optischen Übertragungsleitungen (11 - 17) von einem Träger (18) als ein paralleles Bündel (19) mit der größten Querschnittsabmessung D gehalten werden und mit ihrer in einer Ebene liegenden Enden eine Bündelendfläche (20) bilden, konkave, lichtreflektierende Mittel (24, 26, 27, 31, 32) im Abstand und in einer die Übertragung von jeder der Übertragungsleitungen in jeweils alle übrigen Übertragungsleitungen bewirkenden Lage zu dieser Endfläche (20) symmetrisch um eine durch die Mitte des Bündels (19) führende Achse angeordnet sind und eine lichtreflektierende Fläche (24) enthalten, deren Querschnittsform durch die Gleichung bestimmt wird

$$Y = (4px)^{1/2}(1-kx)^{1/2},$$

worin k durch die Formel

$$-\frac{1}{2p} \leq k \leq \frac{1}{2p}$$

gegeben ist, p durch die Gleichung

$$p = \frac{D}{2 \tan^2 \varphi}$$

gegeben ist, und der Empfangswinkel φ bis zu 12° beträgt.

509842/0724

2. Optische Kupplung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der konkave Lichtreflektor eine sphärische lichtreflektierende Fläche mit dem Radius $R = 2p$ und einem Achsialabstand zur Endfläche (20) gleich p ist.
3. Optische Kupplung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der konkave Lichtreflektor eine parabolische lichtreflektierende Fläche mit einem Brennpunkt im Abstand p ist, und die Endfläche (20) in diesem Brennpunkt liegt.
4. Optische Kopplung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtreflektor hyperboloidförmig ist.
5. Optische Kopplung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtreflektor ellipsoidförmig ist.
6. Optische Kopplung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen der Bündelendfläche und der Mitte des Lichtreflektors gleich p ist.

Fig. 1

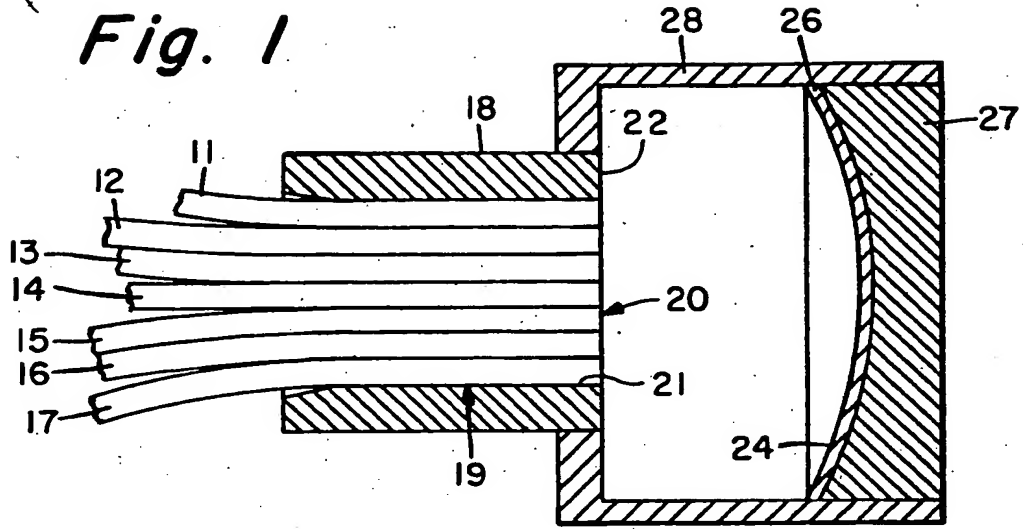


Fig. 2

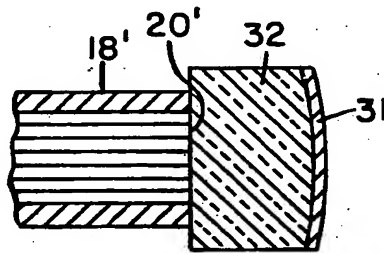
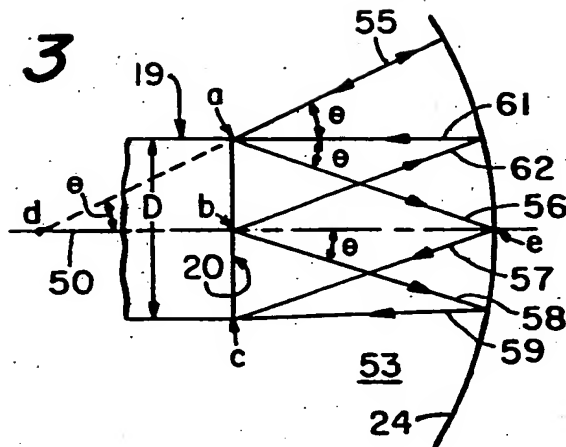


Fig. 3



G02B 5-17 AT:03.03.1975 OT:16.10.1975

ub

509842/0724

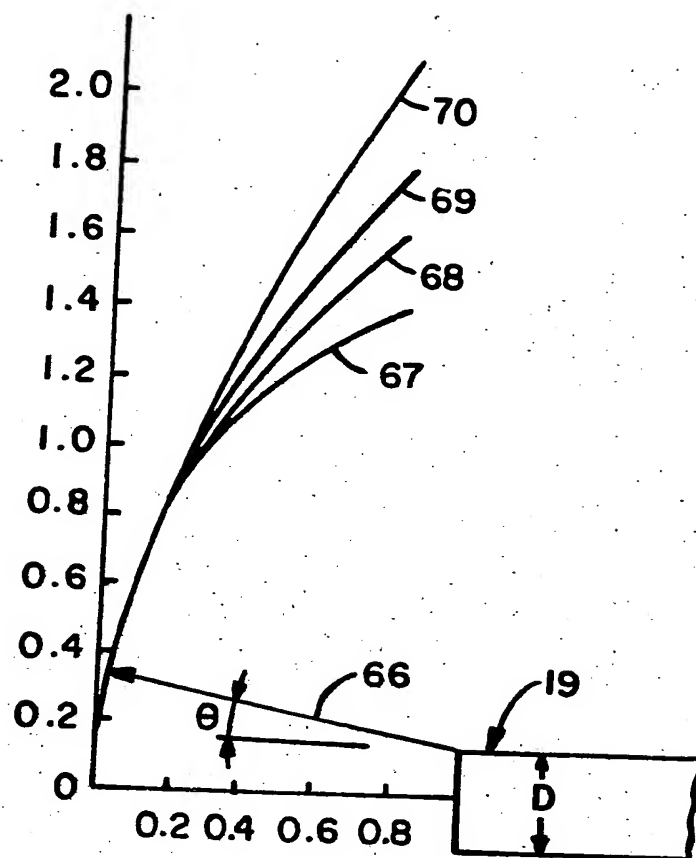


Fig. 4